

사출금형부품의 특징형상의 분류기법 개발

경 영 민*, 조 규 갑*, 류 광 렬**, 정 영 득***

* 부산대학교 산업공학과 ** 부산대학교 컴퓨터공학과
*** 부산공업대학교 금형공학과

ABSTRACT

최근 제품의 설계와 제조의 동기화를 위해 제품설계 및 공정설계 분야에서 동시공학(concurrent engineering)의 개념을 도입한 부품의 특징형상(feature)에 의한 접근방법이 중요한 과제로 대두되고 있다. 특징형상은 CAD/CAM 통합을 위한 정보전달의 매개체로서 CAPP 시스템 개발시의 CAD/CAPP 인터페이스에 중요한 기능을 가진다. 제조분야에서의 특징형상 적용은 특징형상인식(feature recognition)과 특징형상에 의한 설계(feature based design)의 두 가지 분야가 있으며, 이 두 분야 모두 특징형상의 상세한 정의와 분류를 필요로 한다.

본 연구에서는 특징형상의 기하학적인 정의 및 분류를 위한 체계를 제시하고, 사출금형의 구성부품을 대상으로 특징형상의 기하학적 속성으로부터 특징형상의 분류기법을 개발한다.

1. 서론

최근에 와서 제품의 설계와 제조의 동기화를 위해 제품설계 및 공정설계 분야에서 동시공학(concurrent engineering)의 개념을 도입한 부품의 특징형상(feature)에 의한 접근방법이 중요한 과제로 대두되고 있다. CAD/CAM 통합을 위한 정보전달 매개체로서의 특징형상은 CAPP 시스템의 개발시에 CAD/CAPP 인터페이스를 위해서 중요한 기능을 수행한다.

제조분야에서 특징형상의 적용에는 특징형상인식(feature recognition)과 특징형상에 의한 설계(feature based design)의 두가지 분야가 있으며[1], 이 두 분야 모두 특징형상의 상세한 정의와 분류를 필요로 한다.

Suh 등의 연구[2]에서는 두 프리미티브에 대해 boundary components를 생성하여 convexity analysis를 수행한 결과와 intersection edge loop의 convexity를 고려하여 설계과정의 수행 도중에 돌출 또는 함몰된 특징형상을 동적으로 생성하기 위한 방법론을 제시하고 있다. 또한 이 방법에서는 특징형상의 수정절차에 의해 특징형상간의 간섭현상을 해결할 수 있어 동시공학 환경에서의 feature based modeling에 효과적이지만, 표현할 수 있는 특징형상의 종류가 제한되어 있어 실제 적용에 한계가 있고, 특징형상의 체계적인 분류방법에 대해서는 언급되어 있지 않다.

Gindy[1]는 특징형상을 entry boundary, exit boundary 및 depth boundary로 구성되는 bounded volume으로 간주하고, 특

징형상에 대한 외부접근방향(External Access Direction: EAD)의 수와 특징형상의 perimeter의 타입(open 또는 closed) 및 exit boundary의 상태(through 또는 not through)의 3가지 패러미터를 이용하여 보스, 포켓, 구멍, 비관통슬롯, 관통슬롯, 노치, 스텝, 실제면 및 가상면 등 9가지의 주특징형상(primary features)으로 분류하였다.

본 연구에서는 특징형상의 기하학적인 정의 및 분류를 위한 체계를 제시하고, 사출금형의 구성부품을 대상으로 특징형상의 기하학적 속성으로부터 특징형상의 분류기법을 개발한다.

2. 특징형상 분류기법의 개발

2.1 특징형상의 정의

특징형상의 정의에 대해서는 많은 연구결과에서 언급되고 있으며[3-6], 특징형상은 일반적으로 설계 또는 제조의 관점에서 정의되고, 적용하고자 하는 영역에 대한 의존성이 크다는 특성을 가진다.

본 연구에서 특징형상은 "부품형태를 서술하기 위한 기하학적 및 위상학적 패턴으로 정의되는 형상의 집합으로, 기하학적인 형상정보가 가공기술적인 비형상정보를 속성으로 가지며 설계 또는 가공대상이 되는 기본적인 형상요소"라고 정의한다.

지금까지의 연구에서는 설계특징형상과 제조특징형상을 분류하는 명확한 체계가 정립되어 있지 않았기 때문에, 적용영역에

따라 나뉘는 특정한 특징형상을 정의하는 방법을 취하였다. 또한, 형상, 절차, 정보의 타입 및 설계에서의 역할 등에 따라 특징형상을 분류하기도 하며[3], 이러한 기준에 따른 분류는 실제적으로 설계 또는 제조특징형상의 속성으로 표현될 수 있는 성격을 가진 것들도 부분적으로 포함하고 있다. 정보의 타입에 따라 분류되어지는 특징형상으로는 허용공차를 나타내는 정도특징형상(precision features), 재료의 구성이나 처리방법을 설명하는 재료특징형상(material features), 기술적인 제약조건 등을 설명하는 기술적 특징형상(technological features) 등이 있으며, 이들 특성은 특징형상의 속성으로서 표현할 수가 있다.

2.2 사출금형부품에서의 특징형상의 기하학적 표현

기계가공은 주어진 원재료에서 일부의 체적을 제거함으로써 이루어지는 절삭가공이 대부분을 차지한다. 따라서 본 연구에서는 기계가공의 특성인 '체적제거과정(volume removal process)'을 지향한 특징형상의 표현방법을 제시한다. 가공대상물은 기계가공의 대표적인 제품의 하나인 사출금형부품이며, 따라서 소재의 형상은 직육면체 형상으로 간주한다.

본 연구에서 제안하는 특징형상의 표현방법을 개념적으로 서술하기 위해 그림 1에 표시한 관통슬롯(through slot) 형상을 예로 들어서 설명한다.

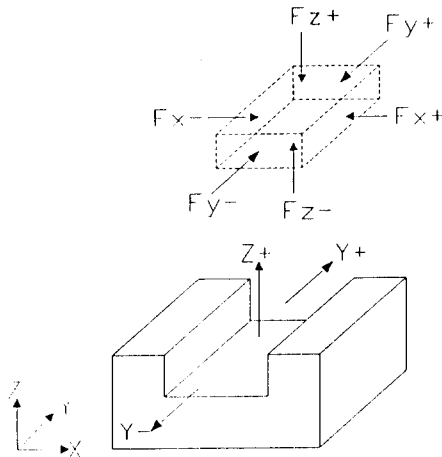


그림 1. 관통슬롯의 VRDs 및 VFs

그림 1에 나타난 바와 같이 제조의 관점에서 본 관통슬롯 형상은 점선으로 된 직육면체 형상으로, 이 부분이 가공에 의해 제거되는 체적이다. 이 관통슬롯의 형상을 체적과 형상을 변형시키지 않고 베이스 블록으로부터 제거할 수 있는 방향은 그림의 화살표와 같이 Y+, Y- 및 Z+의 3가지 방향 뿐이다. 그

리고 가공대상이 되는 체적이 제거됨으로써 만들어지는 형상은 그림 1에서 사각홈이 피인 형상이 되며, 위의 3가지 방향의 각각에 대해 한 쌍의 수직인 면들이 존재한다. 이 때, '방향요소'를 체적제거방향(Volume Removal Directions; VRDs), 각 방향에 대응하는 수직인 면들로 구성되는 쌍들을 수직면(Vertical Faces; VFs)이라고 하면, 이 두 요소의 조합에 의해 특징형상을 유일(unique)하게 표현하는 것이 가능하다. 즉, 가능한 체적제거방향의 수가 3이고, 한 수직면의 조합이 (I,I)로 표현될 때(단, I는 Imaginary surface를 의미하며, 그 표현규칙에 대해서는 뒤에서 설명함), 이 형상을 '관통슬롯'이라고 정의할 수 있다.

2.2.1 체적제거방향(Volume Removal Directions; VRDs)

기계가공은 원소재의 일부를 절삭가공에 의해 제거하는 과정이며, x, y, z 직교좌표축을 기준좌표계로 하여 체적제거방향(VRDs; Volume Removal Directions)의 개념을 적용한다.

체적제거방향은 "원소재에서 제거될 형상을 체적의 변형없이 원상태로 유지하면서 x, y, z 축의 양 또는 음의 방향으로 이동(즉, 제거)할 수 있는 가능한 방향"이라고 정의한다.

[정의 1] 체적제거방향 집합의 정의

체적제거방향의 집합을 S(VRDs)라고 두고, 다음과 같이 체적제거방향의 x, y, z 요소들의 순서쌍(ordered pairs)으로 이루어지는 집합으로 표시한다.

Let, i : index for x, y, or z axis
 j : positive(+) or negative(-) direction along to i axis

$$S(VRDs) = \{[v_x(+), v_x(-)], [v_y(+), v_y(-)], [v_z(+), v_z(-)]\}$$

where, the value of $v_i(j)$:
 if a volume can be removed to j direction along to i axis
 then, the corresponding element $v_i(j)$ has the value of 1
 otherwise, $v_i(j)$ has the value of 0

체적제거방향이 가질 수 있는 값의 범위는 '0 ~ 5'이며, 특징형상의 분류에 가장 기본적인 요소로 작용한다. 그림 1에 나타난 '관통슬롯(through slot)'의 경우에 체적제거방향은 Y+, Y- 및 Z+의 3 가지이다.

2.2.2 수직면(Vertical Faces; VFs)

"체적제거방향에 속하는 각 방향과 만나는 형상구성면의 쌍"

을 수직면이라고 정의하며, 체적제거방향과 함께 특징형상의 분류에 사용된다. 그림 1에서 체적제거방향의 한 요소인 'z+'의 경우를 고려하면, 수직면은 면 F_2 와 면 F_1 이며, 특히 면 F_2 를 진입면(entrance surface), 면 F_1 를 지지면(supporting surface)이라고 부른다.

[정의 2] 진입면, 지지면 및 수직면의 정의

임의의 체적제거방향과 반대의 방향을 가지는 하나의 방향벡터(d)를 고려한다. 벡터 d가 방향을 그대로 유지하면서 진행할 때,

- i) 대응되는 체적과 최초로 교차하는 점을 포함하는 형상구성면을 진입면(entrance face),
- ii) 대응되는 체적을 벗어나는 점을 포함하는 형상구성면을 지지면(supporting face),
- iii) 진입면과 지지면의 순서쌍을 '임의의 한 체적 제거방향에 대응하는 수직면(vertical faces)' 이라고 정의한다.

수직면은 하나의 체적제거방향에 대해 진입면과 지지면의 순서를 가지는 쌍으로 표현되며, 전체 체적제거방향에 대한 모든 수직면의 집합을 S(VFs)로 표시하면 다음과 같이 정의된다.

[정의 3] 수직면의 집합의 정의

수직면의 집합 S(VFs)는

$$S(VFs) = ([(f_e, f_s)^x], (f_e, f_e)^x, [(f_e, f_s)^y], (f_e, f_s)^y, [(f_e, f_s)^z], (f_e, f_s)^z])$$

where, f_e : entrance face
 f_s : supporting face
 superscripts : VRDs

로 정의되며, 각 체적제거방향별 수직면 요소는 S(VRDs) 내의 대응하는 요소가 1인 경우에만 의미를 가진다. 단, real surface를 'R', imaginary surface를 'I'라고 둘 때, S(VFs)의 각 요소는 (R,R), (I,R) 및 (I,I) 중에서 하나의 형태를 가진다.

수직면은 체적제거방향의 반대방향으로 진행하면서 진입면과 지지면을 각각 정의하기 때문에, 위의 [정의 3]에서 S(VFs)의 요소는 (R,I)의 형태를 취할 수가 없다.

2.3 특징형상의 분류기법

체적제거방향 집합과 수직면 집합에 속하는 각각의 요소들의 조합에 근거하여 특징형상을 분류할 수 있다. 즉, 가능한 체적 제거방향의 수와 수직면(진입면 및 지지면)의 면특성(surface

characteristics)의 조합에 따라 보스, 포켓, 스텝, 슬롯, 구멍 등의 특징형상을 분류할 수 있다. 면특성은 '고려하고자 하는 체적제거방향의 반대방향으로 진행할 때 최초로 만나는 점을 포함하는 형상구성면(진입면)과 특징형상을 벗어나는 점을 포함하는 형상구성면(지지면)의 실질적인 존재여부를 나타내는 성질'로 정의하며, 이 특성은 가공 후에 해당면이 솔리드로 남는 경우(real solid face)와 제거되어 빈공간이 되는 경우(imaginary face)의 2가지로 나뉘어진다.

제거될 임의의 체적요소가 이동가능한 방향은 세 축의 양 또는 음의 방향에 의해 최대 6가지로 한정되며, 체적제거방향 순서쌍은 다음과 같은 성질을 가진다.

[성질 1] 체적제거방향 순서쌍의 성질

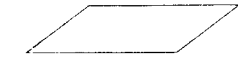
앞의 [정의 1]에서 임의의 방향의 순서쌍들은 다음과 같은 성질을 가진다.

- i) *if there exists any one and only one pair of the (1,1) then it is a .through=type feature*
- ii) *if there exist exactly any two pairs of the (1,1) then it is a .plain=plate feature*
- iii) *if there exists any combination of the pairs of (1,0), (0,1) and (0,0) except for the case of the [property iv] then it is a .blind=type feature*
- iv) *if all pairs are (0,0)s then it is a .surface feature*
- v) *for all cases except for the above cases it is a .meaningless, unclassifiable, or even impossible feature*

[성질 2] 수직면 집합요소의 성질

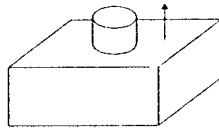
- i) S(VRDs)의 요소 중에서 (1,0) 또는 (0,1) 요소에 대응하는 S(VFs) 요소중에서 (I,R) 형태를 취하는 요소의 수는 #(VRDs)와 함께 특징형상의 분류에 사용된다.
- ii) S(VRDs)의 요소 중에서 (0,0)와 (1,1) 요소에 대응하는 S(VFs) 요소는 특징형상의 분류에 직접적인 관계가 없다.

이상에서 기술한 정의 및 성질에 근거하여 특징형상을 분류하는 과정을 도식화하여 나타내면 그림 2와 같다. 그림에서 화살표는 가능한 체적제거방향을 나타낸다.



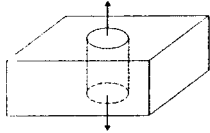
S(VRDs) = {(0,0),(0,0),(0,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 0
 S(VFs) = ∅

(a) SURFACE



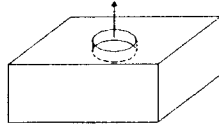
S(VRDs) = {(0,0),(0,0),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 1
 S(VFs) = {(R,R)}

(b) BOSS



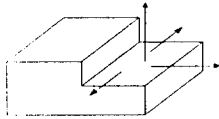
S(VRDs) = {(0,0),(0,0),(1,1)}
 ⇒ #(VRDs) = 2
 S(VFs) = {(L,L),(L,D)}

(c) THROUGH-HOLE



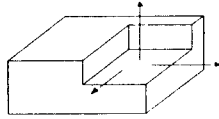
S(VRDs) = {(0,0),(0,0),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 1
 S(VFs) = {(L,R)}

(d) BLIND-HOLE



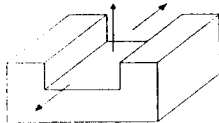
S(VRDs) = {(1,0),(1,1),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 4
 S(VFs) = {(L,R),(L,D),(L,D),(L,R)}

(e) THROUGH-STEP



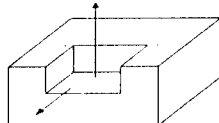
S(VRDs) = {(1,0),(0,1),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 3
 S(VFs) = {(L,R),(L,R),(L,R)}

(f) BLIND-STEP



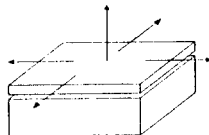
S(VRDs) = {(0,0),(1,1),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 3
 S(VFs) = {(L,D),(L,D),(L,R)}

(g) THROUGH-SLOT



S(VRDs) = {(0,0),(0,1),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 2
 S(VFs) = {(L,R),(L,R)}

(h) BLIND-SLOT



S(VRDs) = {(1,1),(1,1),(1,0)}
 ⇒ #(VRDs) = 5
 S(VFs) = {(L,D),(L,D),(L,D),(L,D),(L,R)}

(i) PLAIN-PLATE

그림 2. 특징형상의 분류

그림 2에서 보인 특징형상의 분류방법을 정리하면, 체적제거 방향의 수와 그에 따른 수직면 집합의 (L,R) 요소의 갯수로부터 그림 3과 같은 특징형상의 분류특성을 얻을 수가 있다. x, y, z 직교좌표축의 양과 음의 방향에 따라 체적제거방향의 수는 최대 6으로 주어지지만, 체적제거방향의 수가 6인 경우에는 가공에 의해 이루어질 수 있는 형상을 나타낼 수가 없기 때문에 특징형상으로 분류될 수가 없다. 그리고 평판(plain plate)은 밀링 등의 가공방법에 의한 원자재의 평삭가공부분을 의미한다.

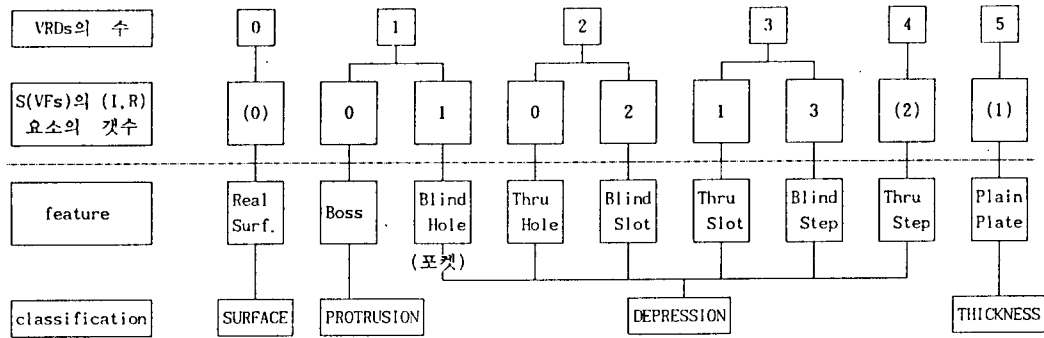
3. 고찰

그림 3에 주어져 있는 체적제거방향의 수와 수직면의 면정보의 조합으로부터 특징형상을 분류할 수 있다는 것을 보였다. 이 분류방법에 의하면 설계와 제조의 측면을 동시에 고려한 특징형상의 정의가 가능하다. 즉, 설계기능의 수행에 있어서는 일반적으로 받아들여지고 있는 설계특징형상을 사용한 feature based design 방법을 적용할 수 있고, 이를 이용하는 시스템에서는 체적제거라는 관점에서 특징형상에 관련된 정보를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 특징형상을 슬롯을 가지는 프레임 구조로 표현함으로써 비형상정보에 관한 데이터의 보존이 보다 효율적으로 이루어질 수 있다.

본 연구에서 도입한 체적제거방향은 공정계획에 있어서의 공구접근방향 결정에 직접적으로 사용될 수 있다. 비관통슬롯의 경우에, 가능한 공구접근방향은 2가지이지만, 실제로 적용되는 가공방향은 바닥면의 가공길이와 긴 면을 우선으로 하여 결정된다. 이와 같은 공구접근방향은 항상 체적제거방향과 반대의 방향을 가진다. 또한 수직면을 구성하는 진입면과 지지면의 형상을 비교함으로써 실제 가공시에 잘 사용되지 않거나 불가능한 공구접근방향을 사전에 배제하는 것이 가능하게 되어 보다 효과적인 공정계획을 수행할 수 있다.

체적제거방향 집합의 요소로부터 공구접근방향을 결정할 수가 있다. 즉, S(VRDs)의 요소 중에서 (1,1)인 요소가 있는 경우에는 이에 해당하는 방향을 공구접근방향으로 결정하는 것이 타당함을 알 수 있다.

본 연구에서 사용된 특징형상의 분류방법과 유사한 것으로는 EAD(External Access Direction)의 수, 경계(boundary)의 타입 및 이탈경계의 상태(exit boundary status)의 3가지 패러미터의 조합에 의한 방법[1]이 있으며, 본 연구에서 개발된 방법에 의하면 이보다 더 적은 수의 패러미터를 이용하여 특징형상을 분류할 수가 있다. EAD에 의한 방법에서는 7가지의 EAD 패러미터에 대해 위에 언급한 2단계의 추가고려요소를 조합하여 특징형상을 분류할 수 있으나, 본 연구에서 개발한 방법에서는 6



※ notation

- VRDs : the Volume Removal Directions
- VFs : the Vertical Faces to VRDs
- S(VFs) : a Set of the Vertical Faces corresponding to the VRDs
- (I,R) : a pair of vertical faces corresponding to any VRDs, the entrance face and the supporting face have a imaginary face and a real face, respectively

그림 3. Feature Taxonomy

가지의 VRD 패리메타에 대해 수직면의 면정보만을 추가로 고려함으로써 동일한 갯수의 기본특징형상을 분류하는 것이 가능하다.

4. 결론

본 연구에서는 CAD/CAM의 연결역할을 하는 CAPP 시스템의 개발과 관련하여 CAD 시스템의 설계정보데이터를 공정계획시스템에 효율적으로 전달할 수 있는 방안에 대하여 고려하였다. 이를 위해서는 계층적 구조를 가지는 특징형상에 의한 설계기법이 적절하며, 구체적으로는 특징형상에 대한 명확한 분류체계를 정립하는 것이 필수적이라고 판단된다.

체적제거방향(VRDs)의 수와 수직면(VFs)의 면특성을 사용하여 기본특징형상의 분류체계를 제안하였다. 또한 수직면의 형상에 관한 정보를 추가함으로써 특징형상을 구체화할 수 있다. 체적제거방향은 실제의 가공시에 공구접근방향을 결정하는데 직접적으로 이용될 수 있어, 설계기능의 수행과정에서 이미 공구접근방향에 대한 가능해를 명시함으로써 공정계획을 보다 효과적으로 수행할 수가 있다. 이와 함께, 각각의 공구접근방향에 대응하는 공작물 고정위치에 대한 의사결정을 손쉽게 할 수 있는 부수적인 효과도 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

또한 기존의 유사한 연구결과와 비교해 볼 때, 더 적은 수의 패리메타를 사용하여 효과적으로 기본특징형상을 분류할 수가 있다.

본 연구에서 개발한 특징형상 분류기법은 사출금형부품을 대상으로 하여 특징형상에 의한 설계시스템, 공정계획시스템 개발, 고정계획시스템 등의 관련연구분야에 계속하여 적용하고자 한다.

참고문헌

1. N. N. Z. Gindy, "A Hierarchical Structure for Form Features," International Journal of Production Research, 1989, Vol.27, No.12, pp.2089-2103.
2. H. Suh, R. S. Ahluwalia, and J. E. Miller, "Protrusion and depression generation for concurrent engineering," Journal of Design and Manufacturing, 1993, Vol.3, pp.159-166.
3. A. Kusiak, Intelligent Manufacturing Systems, 1990, Prentice-Hall, Inc.
4. K. Case, and J. Gao, "Feature technology: an overview," International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1993, Vol.6, No.1&2, pp.2-12.
5. T. C. Chang, Expert Process Planning for Manufacturing, 1990, Addison-Wesley Publishing Company.
6. H.C. Zhang and L. Alting, Computerized Manufacturing Process Planning Systems, 1994, Chapman & Hall.